

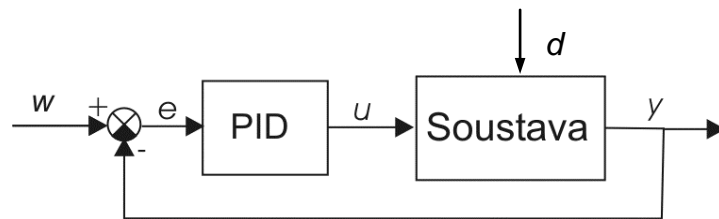
Laboratorní úloha Regulace otáček stejnosměrného motoru

Zadání: Návod je zpracován tak, aby mohl být použit pro následující úlohy

1. Regulace otáček motoru s ohledem na velikost zátěže (poruchové veličiny $d(t)$) - s **P** regulátorem nebo **I** regulátorem
2. Určení hodnot nastavených parametrů regulátoru (P, PI, PID) z přechodové charakteristiky

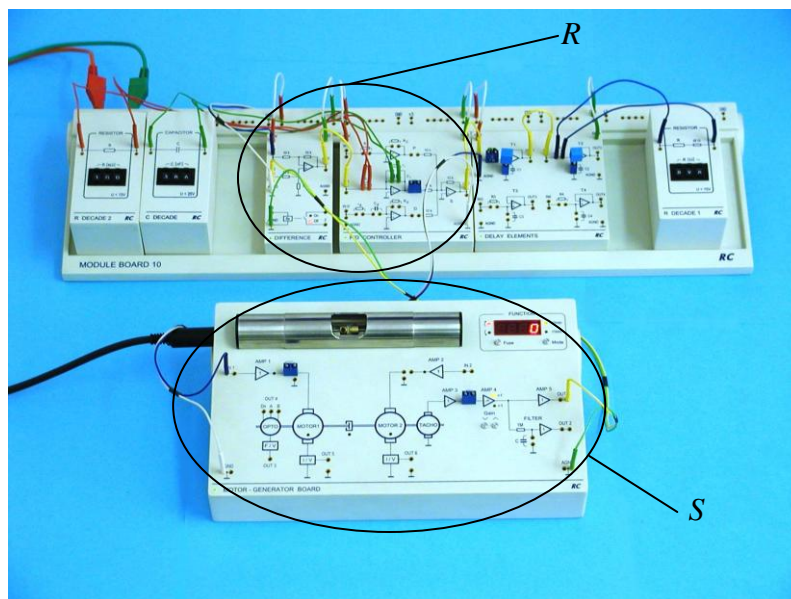
Popis úlohy:

Regulovaná soustava S je tvořena dvěma stejnosměrnými motorky, z nichž druhý je možné použít jako generátor s možností volby zátěže. Modelem spojení obou je diferenciální rovnice 1.řádu s dominantní časovou konstantou T . Připojením zvoleného typu regulátoru R může být vytvořen uzavřený regulační obvod (obr.1), který bude představovat obě základní úlohy řízení - regulaci otáček na změnu hodnoty jejich požadované hodnoty ($w(t)$) a regulaci otáček na změněnou zátěž ($d(t)$).



Obr. 1 Schéma uzavřeného regulačního obvodu, w – řídicí veličina, u – akční veličina, y – regulovaná veličina, e – regulační odchylka

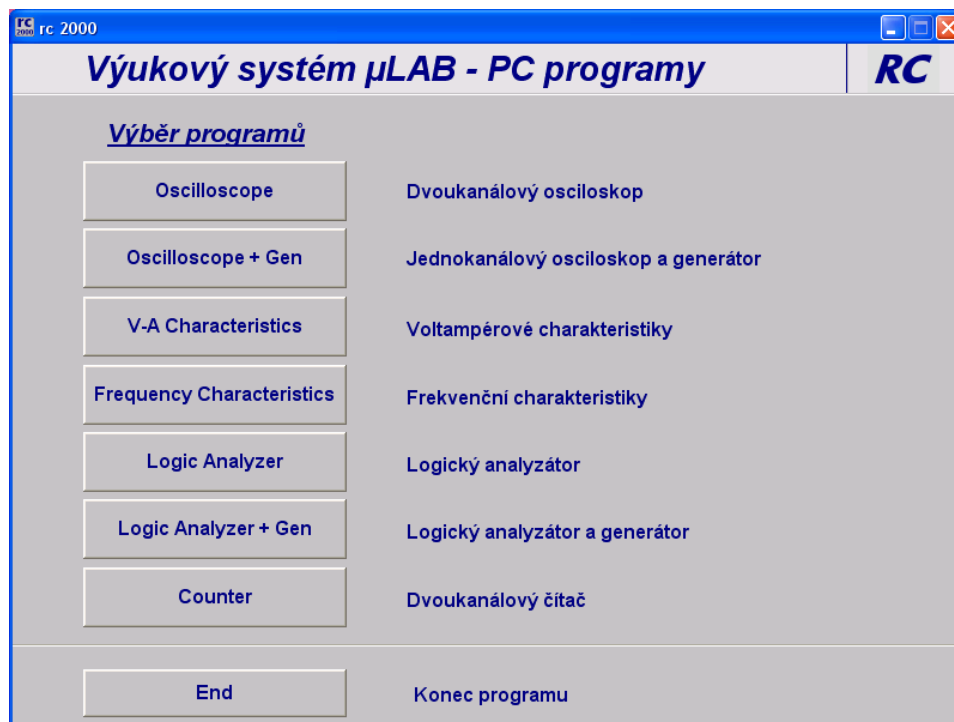
Schéma úlohy:



Obr. 2 Sestava modulů úlohy, které tvoří uzavřený regulační obvod

Ovládání programu rc 2000:

Program rc2000 umožňuje ovládání výukového systému úloh prostřednictvím menu (obr.3). Výběrem z tohoto menu se vstupuje do požadované skupiny úloh. V našem případě jde o volbu *Jednokanálový osciloskop a generátor*. Otevře se dialogové okno, které obsahuje potřebné ovládací prvky. Jejich příslušným nastavením lze získat nejen grafický výstup (přechodové charakteristiky), ale i soubory dat, které umožní analýzu řešené problematiky.



Obr. 3 Menu programu rc 2000

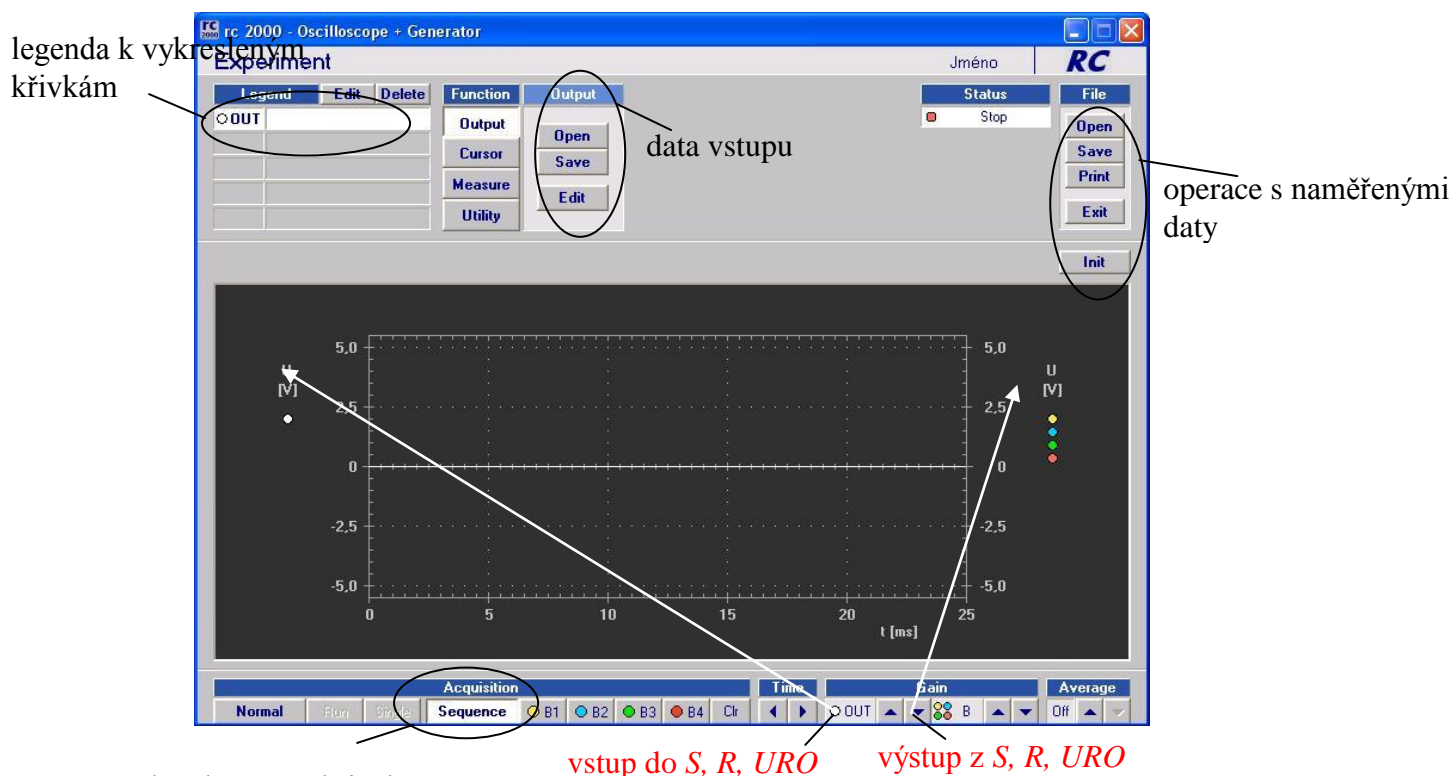
Ovládání programu skupin úloh:

1. Zkontrolujte zapojení modulů (obr.2)
2. Spustíte program **rc2000**
3. Volba - Jednokanálový osciloskop a generátor (obr.3)
4. Ovládání prostřednictvím dialogového okna Osciloskop+Generátor (obr.4)

Regulace otáček motoru s ohledem na velikost zátěže (poruchové veličiny $d(t)$) - P regulátorem nebo I regulátorem

Vhodnou volbou typu regulátoru a nastavení jeho parametrů lze významně ovlivnit kvalitu regulačního pochodu. Přechodové děje, které v obvodu nastanou, mohou být vyvolány jednak změnou hodnoty požadované veličiny ($w(t)$), ale především vlivem poruchové veličiny ($d(t)$), jež na regulovanou soustavu (motor-generátor) působí (obr. 1). Velikost zátěže v obvodu generátoru simuluje poruchovou veličinu tohoto regulačního obvodu. Uzavřený obvod bude nejprve tvořit např. soustava a **P** regulátor. Budou zobrazovány přechodové charakteristiky jako reakce na různě velikou zátěž. Podobně budou zaznamenány průběhy

regulace s regulátorem typu **I**. Na základě těchto experimentů bude diskutována jakost pochodu s ohledem na velikost poruchové veličiny a možný vliv typu regulátoru a velikost jeho stavitelných parametrů na zlepšení průběhu.



vykreslení více křivek

Obr. 4 Dialogové okno volby *Jednokanálový osciloskop a generátor*

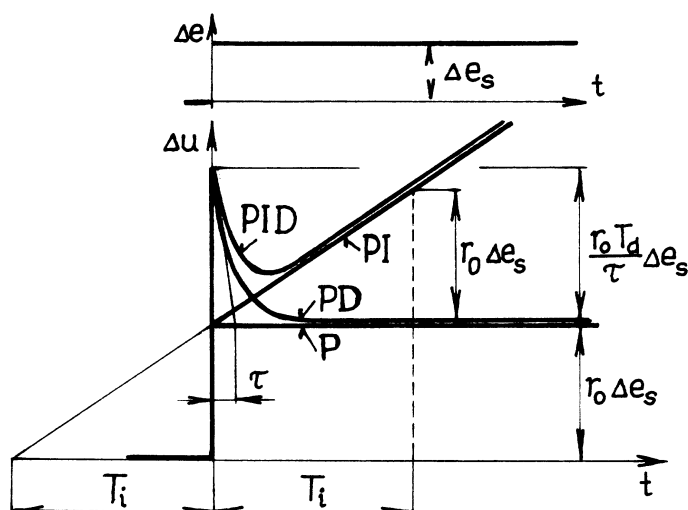
Doporučený postup:

1. Pro vykreslení přechodového děje URO se zvoleným typem regulátoru (např. **P**) nastavte hodnotu jeho stavitelného parametru ($r_0 = 5$, dle (1.4))
2. Otevřete soubor dat vstupu (obr.4) s definicí hodnoty požadované veličiny $w(t)$ (jako jednoho ze vstupů obvodu) – požadovanou hodnotou je napětí na motoru, které odpovídá určité hodnotě požadovaných otáček motoru. Ty jsou měřeny tachodynamem s převodní konstantou $0.06 \frac{V}{ot.s^{-1}}$ ($1 V \cong 1000 \text{ ot./min}$)
3. Zvolte vhodně měřítko osy vstupních dat a délky trvání skokové vstupní změny pomocí tlačítek Time a Gain (obr. 4). Pro vstup/výstup z/do S,R,URO nastavte měřítko os shodně.
4. Pro porovnání vlivu zátěže ($d(t)$) na regulační pochod následně použijte tlačítka „Sequence“ - umožní vykreslit několik přechodových dějů s různou hodnotou poruchy
 - a) první křivka bude vykreslena pro obvod bez zátěže
 - b) další pak s různě velkou zátěží změnou hodnoty odporu (obr.6) R_z (10Ω , 1Ω a 0Ω - zkrat)
5. Jednotlivá měření spustíte příslušným barevným ovládacím prvkem B1,..., B4 (obr.4), barva křivky bude odpovídat

6. Opakujte měření s regulátorem typu **I** ($T_i = 0.01$ s , (1.5))
7. V případě kmitavého průběhu přechodového děje (při použití **I** regulátoru) navrhnete úpravu jeho časové integrační konstanty (volbou hodnoty CI na kapacitní dekádě, obr. 6), aby regulační pochod měl nekmitavý charakter.
8. Zhodnoťte vliv velikosti zátěže na dynamické vlastnosti regulace při nezměněných parametrech regulátoru.
9. Export dat grafů ve formátu *.txt proved'te pomocí menu (obr.4). Z exportovaných dat vykreslete např. pomocí programu Excel grafy a ty vložte do referátu.

Určení hodnot nastavených parametrů regulátoru (P, PI, PID) z přechodové charakteristiky

Funkce každého z uvedených typů regulátorů (P, PI, PID) je popsána odpovídající rovnicí, která obsahuje také hodnoty stavitelných parametrů. Jejich nastavené hodnoty je možné určit analýzou přechodové odezvy (obr. 5) na skokovou změnu vstupu regulátoru ($e(t)$).



Obr. 5 Přechodové charakteristiky regulátorů

Doporučený postup:

1. Podle zvoleného typu regulátoru nastavte hodnoty jeho stavitelných parametrů
2. Otevřete soubor (obr.4) s definicí skokové změny vstupní veličiny $e(t)$ (obr.6)
3. Zvolte vhodně měřítka osy vstupních dat a délky trvání skokové vstupní změny
4. Aktivací tlačítka „Sequence“ a ovládacími prvky B1,..., B4 (obr.4) vykreslete několik přechodových dějů (obr. 4)

Pozn.: S ohledem na realizaci jednotlivých typů regulátorů pomocí operačních zesilovačů je nutné stavitelné parametry regulátorů (r_0 , T_I a T_D) měnit volbou velikosti hodnot odporu (R_2) a kapacity (CI) (obr. 6, rovnice (1.1)). Tyto změny realizujte pomocí odporové a kapacitní dekády.

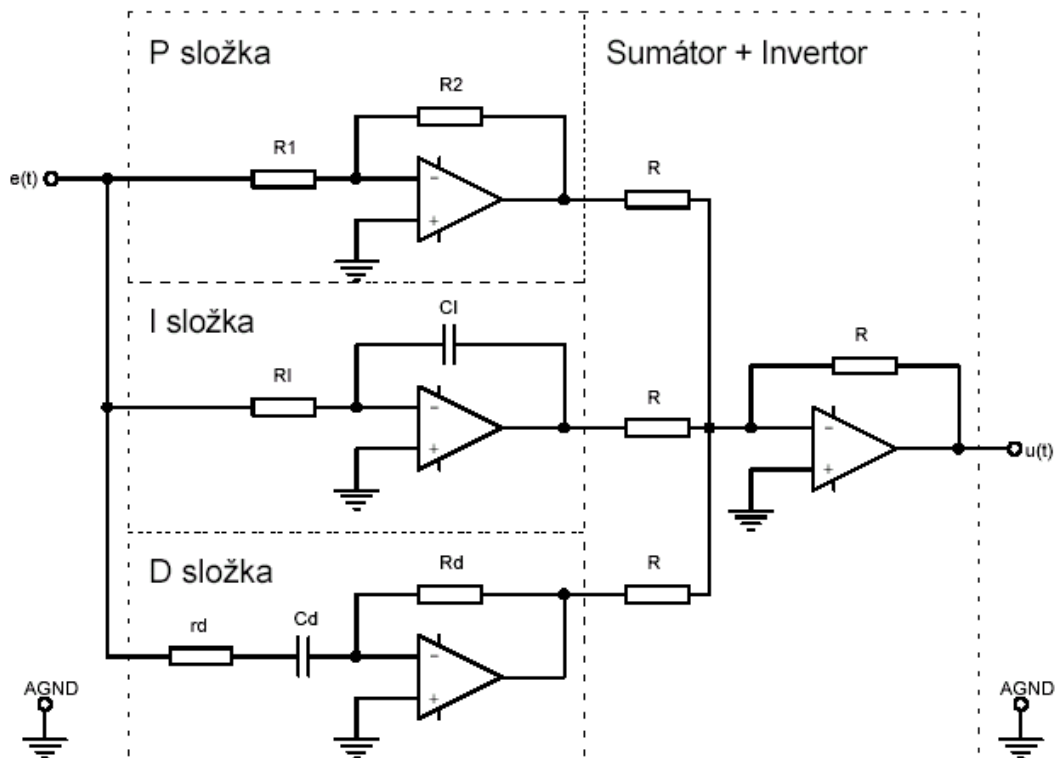
5. Pro každý typ regulátoru vykreslete 3 křivky pro různé hodnoty stavitelných parametrů.

Typ regulátoru **P** – R_2 (r_0)

PI – R_2 , CI (r_0 , T_I)

PID – R_2 , CI (r_0 , T_I a T_D) – (1.4)., ..., (1.8).

- Export dat grafů ve formátu *.txt provedte pomocí menu (obr.4). Z exportovaných dat vykreslete např. pomocí programu Excel grafy a ty vložte do referátu. Z těchto charakteristik určete s pomocí obr. 5 hodnoty r_0 , T_I a T_D a zapište matematický model regulátoru.
- Porovnejte odečtené hodnoty z grafů s hodnotami, které jste volili pomocí dekád s využitím vztahů (1.4),..., (1.8).



Obr. 6 Schéma zapojení PID regulátoru s operačními zesilovači

Frekvenční přenos **PID** regulátoru v zapojení s operačními zesilovači

$$G_{ue} j\omega = \left(-\frac{R_2}{R_1} - \frac{1}{j\omega C_1 R_1} - \frac{j\omega C_d R_d}{1 + j\omega C_d r_d} \right) \left(-\frac{R}{R} \right) = \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{j\omega C_1 R_1} + \frac{j\omega C_d R_d}{1 + j\omega C_d r_d} \quad (1.1)$$

Frekvenční přenos **PID** regulátoru ve standardním tvaru

$$G_{ue} j\omega = r_0 + \frac{r_0}{T_I} \frac{1}{j\omega} + r_0 T_d j\omega \quad (1.2)$$

Praktická realizace ideální **D** složky není s ohledem na kauzalitu (Příčina → Následek) možná, proto se v praxi nahrazuje přenos ideální D složky vztahem

$$\frac{r_0 T_d j\omega}{1 + \tau j\omega}, \text{ kde } \tau \ll 1 \quad (1.3)$$

Frekvenční přenos **PID** regulátoru je potom

$$G_{ue} j\omega = r_0 + \frac{r_0}{T_I} \frac{1}{j\omega} + \frac{r_0 T_d j\omega}{1 + \tau j\omega} \quad (1.4)$$

Porovnáním vztahů (1.1), (1.2) a (1.3) získáme vztahy pro výpočet hodnot r_0, T_I, T_d, τ

$$r_0 = \frac{R_2}{R_1} \quad (1.5)$$

$$T_I = r_0 C_I R_I = \frac{R_2}{R_1} C_I R_I \quad (1.6)$$

$$\tau = r_d C_d \quad (1.7)$$

$$T_d = \frac{C_d R_d}{r_0} = C_d R_d \frac{R_1}{R_2} \quad (1.8)$$